

ESTUDIO DE MATERIALES REFLECTIVOS PARA CONCENTRADORES SOLARES¹

R. Echazú², C. Cadena³ y L. Saravia⁴
INENCO⁵

Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta, República Argentina
FAX : 54-387-255489 e-mail : echazur@inenco.net

RESUMEN

Se efectuó un estudio comparativo de características de reflectancia espectral de algunos materiales que habitualmente se emplean como reflejantes en equipos de aprovechamiento de la energía solar, especialmente en concentradores de cocinas solares. Las medidas fueron realizadas en laboratorio, aunque un conjunto de muestras de los materiales empleados, se encuentran expuestas desde hace al menos un año. Se describe el instrumental empleado y se discuten los resultados y su impacto sobre el balance térmico y sobre algunos aspectos constructivos y económicos del diseño de cocinas solares.

Palabras clave : reflectividad, reflectancia, espectro, esfera integradora, concentradores, cocinas solares

INTRODUCCION

Para aplicar la conversión térmica de la energía solar a la cocción de alimentos y a otras aplicaciones como destiladores, debe considerarse en el diseño de los equipos, el uso de concentradores de radiación, ya que sin éstos difícilmente pueden alcanzarse las temperaturas requeridas. Hasta los modelos más sencillos de cocinas solares como los de tipo caja, tienen una tapa con la cara interna reflejante, que cuando se orienta correctamente aumenta en 50 a 80 % la energía radiante recibida sobre la cubierta, o sea que se trabaja con relaciones de concentración de 1.5 ó 1.8 con las que se obtienen temperaturas de 130 °C cuando la radiación solar es alta. En los concentradores de tipo paraboloide o paraboloide de fresnel y similares, la relación de concentración puede llegar a 15 o más, alcanzándose temperaturas de 300 °C en el foco. Como materiales reflectivos en los concentradores solares, suelen emplearse chapa de aluminio, de acero inoxidable, espejos de vidrio, plásticos, etc.

Se aplicó un método de laboratorio para determinar reflectancias globales y espectrales de algunas muestras de materiales, como complemento de los ensayos de campo con cocinas solares.

MATERIALES Y METODOS

Esfera integradora: Se empleó para las determinaciones, una esfera integradora LI – 12 de Lincoln Corp. Este instrumento, esquematizado en la figura 1, es del tipo externo, ya que la muestra se coloca sobre una ventana lateral. El diámetro de la esfera es 500 mm y la superficie interior está recubierta con sulfato de bario, el que se considera reflejante al 100 %. Como fuente luminosa, se utilizó una lámpara halógena de 6 V y 10 W conectada a una fuente estabilizada en tensión y corriente. Como referencia negra se utiliza una tapa plástica recubierta interiormente con negro de humo y como blanco standard una película de sulfato de bario depositada sobre una pastilla de vidrio. La esfera se conecta por medio de una fibra óptica al espectrómetro

Espectrómetro: El instrumento empleado es un LI – 1800 . Este equipo consta de un monocromador, un detector de silicio, una interfase para conversión de las medidas y 8 bancos de memoria para guardar datos. Mediante una conexión RS 232, se opera desde una PC. El rango de medida es de 300 a 1100 nm, pero la fibra óptica opera solo desde 390, por lo que para todas las determinaciones se utilizó el rango 400-1100 nm. La resolución espectral es de 2 nm y el ancho de banda efectivo de 6 nm. El monocromador está compuesto por una red de difracción holográfica y una rueda con 7 filtros para eliminar armónicos.

¹ Parcialmente financiado CIUNSa

² Personal del CIUNSa

³ P. Principal CONICET

⁴ Investigador CONICET

⁵ Instituto UNSa CONICET

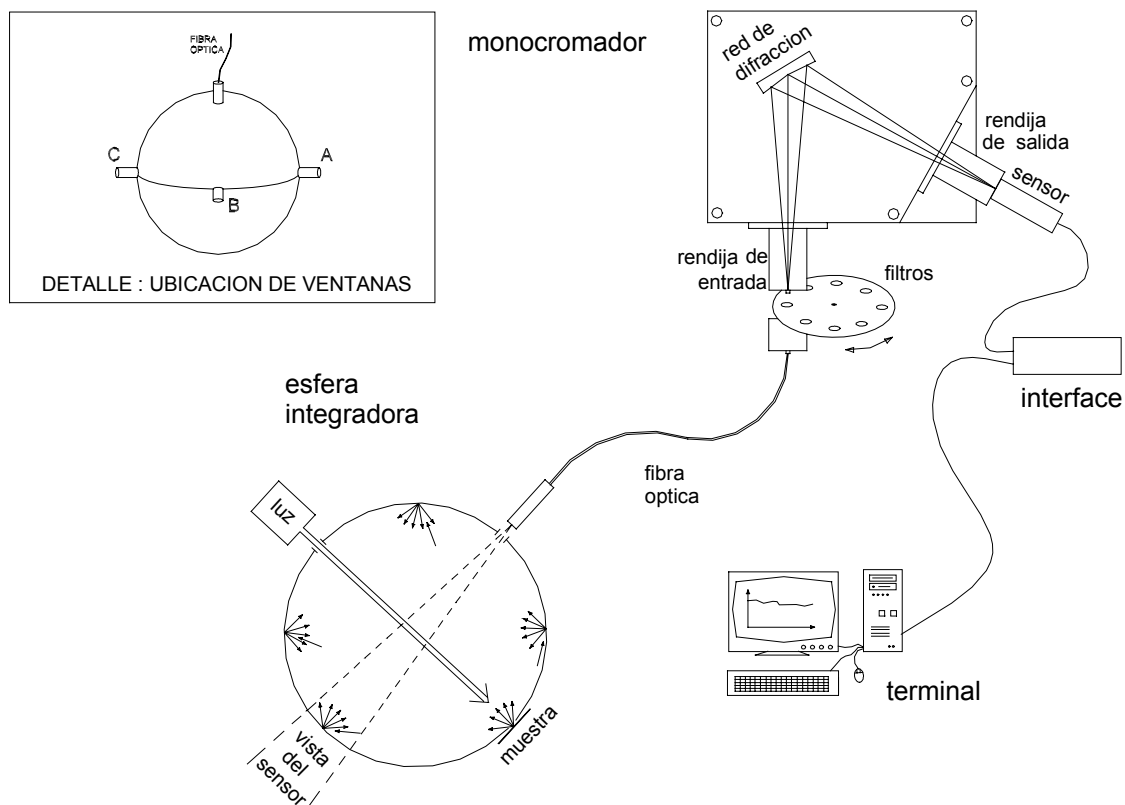


Figura 1 : Esquema del instrumental

Determinaciones: Las muestras se colocan en la ventana A de la esfera y se mide el espectro de reflexión : I_s con la fuente luminosa en la ventana C y la referencia negra en la B. Luego se invierte la ubicación de estos dos elementos y se mide I_r con la fuente luminosa en B y la referencia negra en C. Se repite el procedimiento para cada muestra obteniéndose para cada una el cociente I_s / I_r .

No se incorporó en los cálculos el valor de I_d correspondiente a la esfera sin muestra, lo que equivale a considerar : $(I_s / I_r) = (I_s - I_d) / (I_r - I_d)$, esto está justificado pues al ser todas las muestras, materiales de reflectividad alta, se verifica que $I_s \gg I_d$ e $I_r \gg I_d$, para todo el rango de medida.

Como se aprecia en el esquema, la radiación que llega al sensor proviene de toda la superficie interior de la esfera.

El instrumento mide la integral de toda esta radiación, por lo cual el método es óptimo para materiales difusivos. Para materiales especulares, los resultados deben interpretarse con precaución.

Selección de las muestras: Para las primeras determinaciones se seleccionaron muestras de chapa de aluminio de distintas calidades, papel de aluminio, chapa de acero inoxidable y espejos de vidrio de diferentes espesores. Algunas muestras corresponden a materiales empleados en otros países por los miembros de la RICSA (RICSAs, 1998)

Previo a las medidas de reflectividad espectral, se midió reflectividad global con la esfera integradora y su fuente luminosa, pero usando un pirheliómetro LI-250 como receptor. En la tabla 1 se presentan los valores de algunas muestras :

PVC blanco	0,871	fibra de vidrio pintada de blanco	0,709
aluminio de alta reflectividad (verde)	0,839	espejo de vidrio de 2 mm	0,795
aluminio de alta reflectividad (rosado)	0,853	espejo de vidrio de 3 mm	0,754
aluminio de alta reflectividad (celeste)	0,820	espejo de vidrio de 4 mm	0,712
chapadur prepintado blanco	0,741	acero inoxidable	0,572
chapa galvanizada	0,588	mylar (Cuba)	0,833
chapa pintada de blanco nueva	0,582	papel de aluminio (Cuba)	0,799
chapa pintada de blanco envejecida	0,656		

Tabla 1 : Reflectividades globales de algunos materiales

De esta tabla puede observarse que los aluminios especiales son los materiales más apropiados para usar en las aplicaciones que requieran un buen índice de reflexión, montaje liviano y costo moderado. Conviene destacar el caso del PVC blanco, que por su textura es muy difusivo.

REFLECTANCIAS ESPECTRALES

En los párrafos siguientes se presentan las reflectancias espectrales de algunas de las muestras estudiadas, en forma gráfica. En todos los diagramas el eje de abscisas corresponde a la longitud de onda y el de ordenadas a la reflectancia correspondiente. Los valores de las integrales son similares a los presentados en la tabla 1.

En la figura 2 se comparan los valores obtenidos para cuatro muestras de materiales nuevos, con un muy buen acabado desde el punto de vista de su reflectancia. Inclusive los valores son mayores en apariencia a las chapas brillantes. En la misma figura se observa para la chapa galvanizada y el acero inoxidable, que en la zona de los colores rojizos y en el infrarrojo cercano, las reflectancias son similares, aunque existe un “valle” para la galvanizada.

Conviene remarcar el hecho que el inoxidable aumenta su reflectividad con el aumento de la longitud de onda, a la inversa de la chapa galvanizada. Es conocido que por acción de la intemperie, el galvanizado disminuye su reflectividad con el paso del tiempo, a diferencia del acero inoxidable que la mantiene. Como ambos materiales son empleados en concentradores, se incluyeron estas medidas.

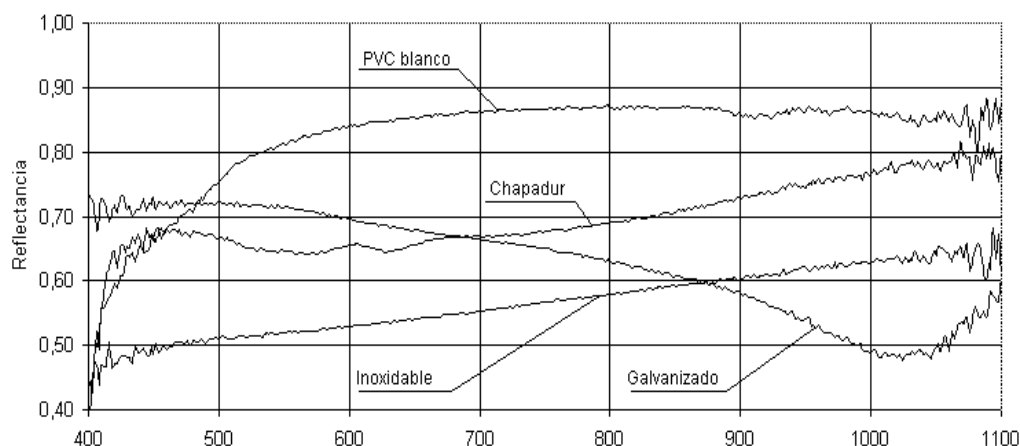


Figura 2 : Reflectancia espectral de PVC blanco, Chapadur prepintado blanco, chapa galvanizada y acero inoxidable.

En la figura 3 se observa el efecto de degradación de la pintura blanca sobre una chapa. El cambio de la reflectancia es notorio en las longitudes de onda bajas del espectro visible que a simple vista se nota como un envejecimiento. También en el infrarrojo cercano aunque con un efecto inverso se nota el cambio de la reflectancia.

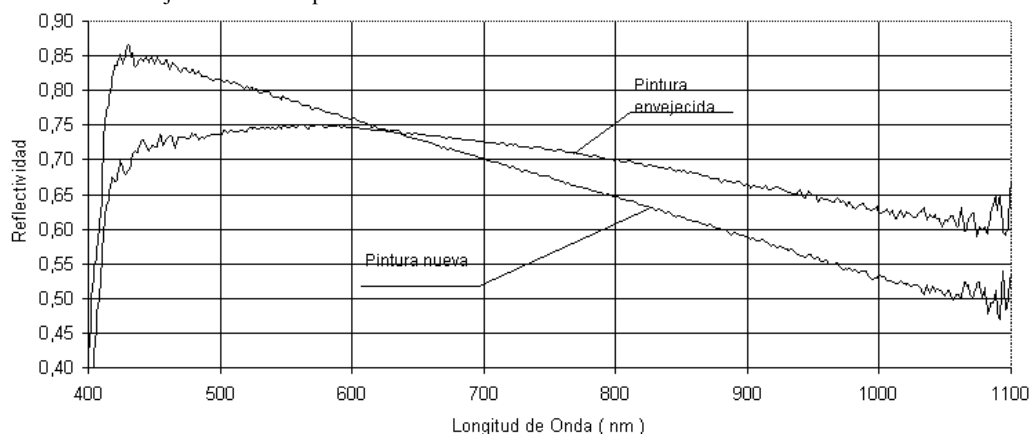


Figura 3 : Comparación de las reflectancias espectrales de chapa pintada de blanco nueva y otra con dos años de uso a la intemperie.

En la figura 4 se observa, con respecto a las muestras de aluminio 1 y 2, que tienen un comportamiento similar debido a fenómenos de interferencia entre el material y la red de difracción holográfica. Este hecho no se da en la muestra de aluminio 3, que tiene un comportamiento similar al papel de aluminio y al Mylar de procedencia cubana. Conviene insistir en el hecho que todas las muestras tienen altos valores de reflectancia.

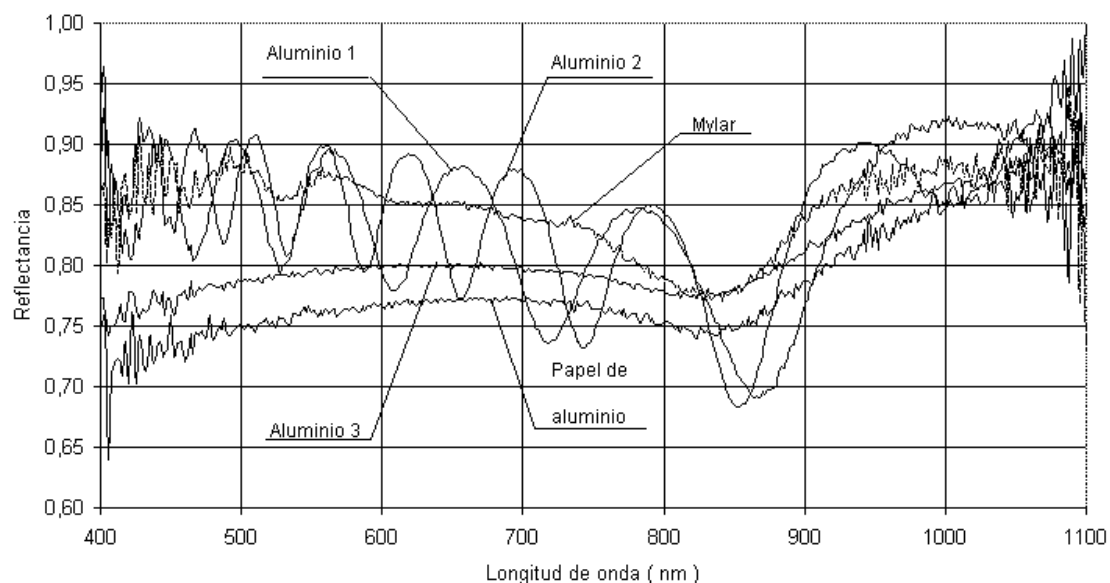


Figura 4: Reflectancias espectrales de muestras de aluminio de alta reflectividad, papel de aluminio y mylar aluminizado.

En la figura 5 se observan las características de respuesta espectral espejos de vidrio de calidad similar y de diferentes espesores. Es notorio observar dos aspectos de interés:

Por un lado una disminución de la reflectancia con el aumento del espesor del espejo, provocada por la mayor atenuación del vidrio, que debe ser atravesado dos veces.

Por otra parte, y también provocado por el hecho que el vidrio debe ser atravesado dos veces, y es conocido su efecto de “corte”, una notoria disminución de la reflectancia con el aumento de la longitud de onda

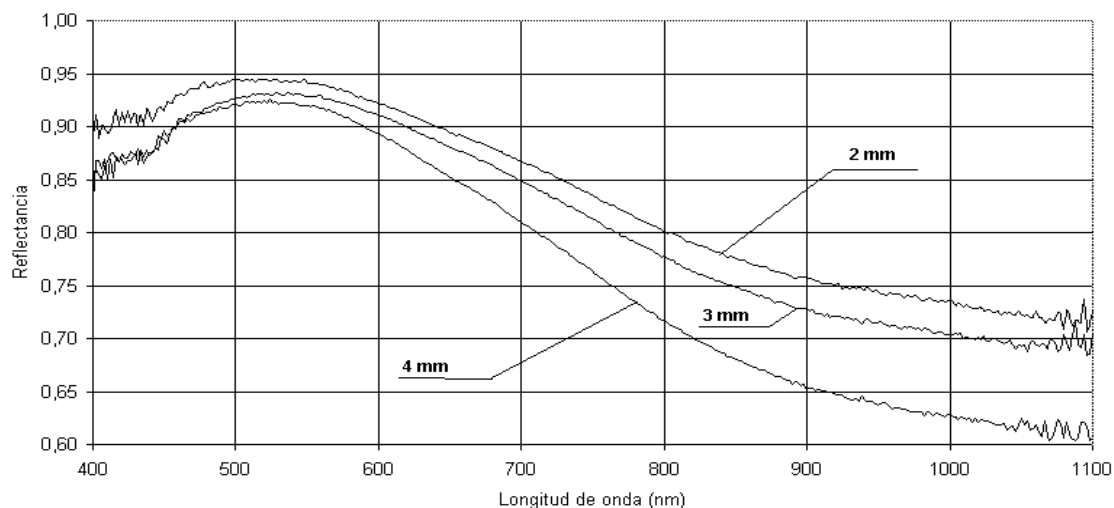


Figura 5 : Reflectancias espectrales de espejos de vidrio de igual calidad y diferentes espesores.

Las figuras 6 y 7 permiten apreciar en un mismo gráfico las variaciones espectrales de las fuentes, combinadas con las reflectancias de los distintos materiales

La figura 6 representa el producto de la reflectancia espectral de los tres materiales por el espectro solar en el plano del concentrador, medido con el espectralradiómetro LICOR en su modo de operación “cosine receptor”. Como era de

esperar este producto es máximo para el aluminio. Para el caso de las tres muestras, los valores son máximos en las zona del visible.

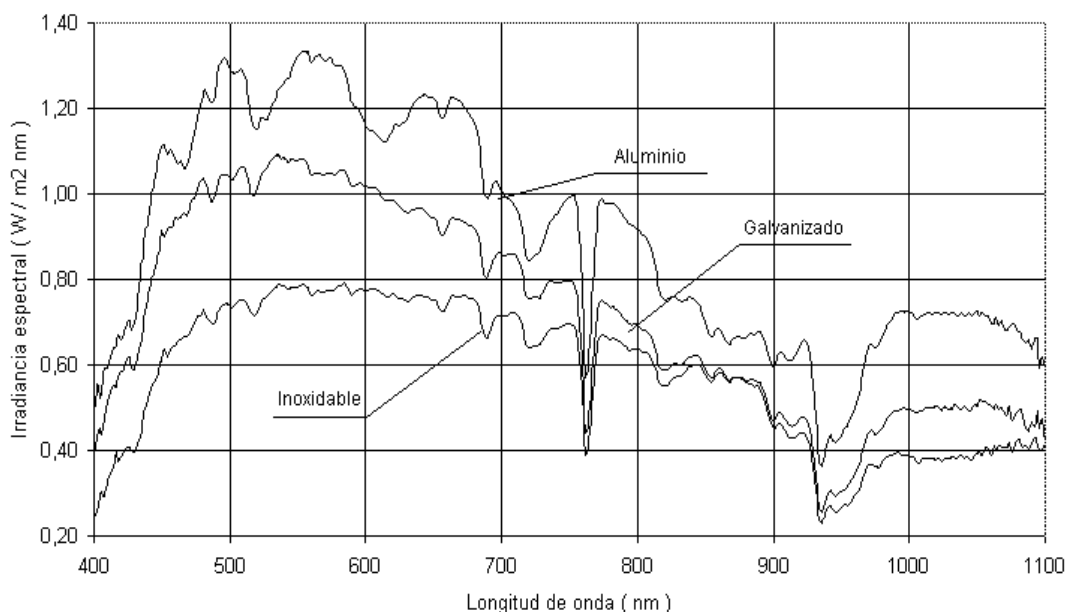


Figura 6 : Espectro solar reflejado por chapas de distintos metales..

La figura 7 muestra un gráfico equivalente, pero en este caso la fuente luminosa es una lámpara halógena de alta potencia. Al igual que en el caso anterior, este producto es máximo para el aluminio, aunque es creciente con el aumento de la longitud de onda, hasta un valor máximo ubicado en el infrarrojo cercano. La “temperatura de color” de la fuente es la responsable de este hecho, aunque el cruce de las curvas del aluminio con el inoxidable es debido a la disminución de la reflectancia del galvanizado en esa zona.

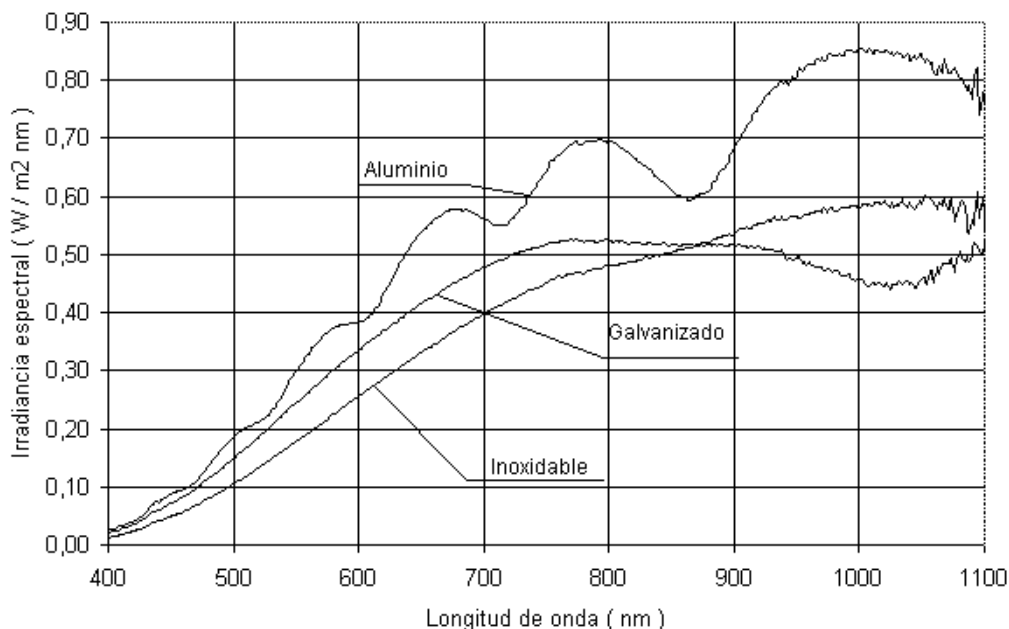


Figura 7 : Espectro de una lámpara halógena reflejado por chapas de distintos metales.

CONCLUSIONES

El estudio de la reflectancia espectral de los materiales, permite aplicar una mayor precisión al balance térmico de las cocinas solares, seleccionando adecuadamente los materiales. En una etapa posterior se realizará un seguimiento de la evolución en el tiempo de la reflectancia de los materiales en uso en cocinas solares en distintos ambientes.

REFERENCIAS

Red Iberoamericana de Cocción Solar de Alimentos : www.inenco.net/ricsa/ricsa.html

Manual Licor 1800 Spectroradiometer Lincoln Corp. Lincoln Nebraska USA 1988

Manual 1800-12 Integrating Sphere Lincoln Corp. Lincoln Nebraska USA 1988

www.licor.com

" *Características Ópticas de Materiales de Cubierta de Invernaderos* ": L. Saravia, R. Echazú y L. Zunino. Actas de la 14a. Reunión de Trabajo de ASADES, Mendoza, 1990

ABSTRACT

Different materials, usually employed in solar energy devices, especially in solar concentrators and solar ovens, have been studied comparing their properties of spectral reflectance. The measurements took place in laboratories, however, a group of the studied materials samples have been exposed since at least a year before.

The instrumental used is detailed. The results, and its influence on the thermal balance and the economic and technical aspects of the design are considered.

Keywords : reflectance, spectral, integrating sphere, concentrators, solar ovens